مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی

Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy

OPEN ACCESS JOURNAL

مجله بلورشناسی وکانی شناسی ایران
سال سی و دوم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۳، از صفحهٔ ۲۸۷ تا ۳۰۰

کانی شناسی ونوع زایش کانسنگ آهن در معدن آبپونه، پهنه سنندج سیرجان

شیوا شاکری*

گروه زمین شناسی مواد معدنی و منابع آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۶، نسخه نهایی: ۱۴۰۲/۹/۱۴)

چکیده: معدن آهن آبپونه در ۸۵ کیلومتری غرب استان اصفهان در بخش میانی پهنه ساختاری سنندج‌سیرجان قرار دارد. سنگ میزبان کانسنگ آبپونه شامل ماسه سنگ دگرگونه، شیست و فیلیت است. کانی‌های سیلیکاتی که ضمن دگرگونی سنگ میزبان درکانسنگ ایجاد شده‌اند، موسکویت و کلریت بوده و نشاندهنده‌ی رخساره شیست‌سبز هستند.کانسنگ آهن به‌طور عمده با بافت نواری و همچنین با بافت‌توده‌ای وجود دارد. کانسنگ آهن از نظر بافت، کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی، قابل مقایسه با کانسنگ‌های آهن‌نواری دگرگون شده‌است. ویژگی‌های بافتی و ساختی نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی‌درونزادی کانسنگ در آبپونه است. دگرگونی پس از تشکیل کانسنگ رخداده و سبب بازتبلور کانسنگ و سنگ‌میزبان شده‌است. اجزای تشکیل‌دهنده کانسنگ در نتیجه‌ی فرسایش سنگ‌های تخریبی قاره‌ای و به احتمال بسیار از سیال‌های گرمابی وابسته به فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی تأمین شده باشند. الگوی توزیع عناصر اصلی و فرعی کانسنگ و سنگ‌میزبان، در نمودارهای گوناگون کمابیش مشابه بوده و این امر نشانگر تشکیل آنها در یک محیط رسوبی مشابه است.

واژه‌های کلیدی: *آب پونه؛ سنندج-سیرجان؛ کانی‌شناسی؛ کانسنگ توده‌ای؛ کانسنگ نواری.*

مقدمه

سرزمین ایران از دیدگاه زمین ساخت جهانی، بخشی از کمربند پرتحرک و فعال کوهزاد آلپ هیمالیا به شمار می‌آید که از شرق اقیانوس اطلس تا غرب اقیانوس آرام گسترش یافته است [۱] . کمربند یا پهنه دگرگونی- ماگمایی سنندج سیرجان با روند شمال غربی- جنوب شرقی به طول ۱۵۰۰کیلومتر و پهنای ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر در جنوب و جنوب غربی ایران مرکزی و در بخش میانی کمربند آلپ- هیمالیا قرار دارد [۲].

ویژگی‌های زمین‌شناسی این پهنه سبب شده است تا از گذشته‌های دور مورد توجه زمین‌شناسان باشد. این پهنه ساختاری توسط زمین‌شناسان مختلف با نامهای متفاوتی معرفی شده است، از جمله پهنه همدان [۳]، سنندج سیرجان [۴]، پهنه دگرگونی زاگرس [۵] و پهنه مریوان منوجان [۱]، اما از میان آنها، سنندج سیرجان رایج‌تر است. پهنه سنندج سیرجان با سنگ‌های به شدت دگرگون و دگرشکل شده با سنگ مادر رسوبی و آتشفشانی، همراه با توده‌های نفوذی دگرشکل یا غیر دگرشکل مشخص می‌شود [۶]. مجموعه‌های دگرگونی این پهنه مربوط به پرکامبرین [۸،۷]، پالئوزوئیک [۹] برای بخش‌های جنوبی آن در ناحیه موته [۱۰] و مزوزوئیک برای بخش میانی [۶] هستند.

واحدهای سنگی با سن پرکامبرین پسین تا ترشیری در این پهنه رخنمون دارند، اگرچه چیرگی با واحدهای مزوزوئیک است، اما رخنمون‌هایی از سنگ‌های پالئوزوئیک به ویژه در جنوب این پهنه دیده می‌شود [۹]. سنگ‌های منسوب به پرکامبرین، در نواحی موته و زنجان گسترش دارند [۱۱]. پهنه سنندج سیرجان را ناحیه‌ای با دگرشکلی چند فازی در نظر می‌گیرند که جوان‌ترین آن در ارتباط با دگرشکلی‌های ترافشارشی راست‌گرد بوده که عامل آن، همگرایی مایل بین قاره عربی‌آفریقایی و خرد قاره ایران است [۶]. از ذخایر بزرگ آهن در این پهنه می‌توان به معدن آهن چاه چغوک در جنوب سیرجان [۱۲]، معدن بزرگ آهن گل گهر در غرب سیرجان [۱۳]، نهشته آهن موته در شرق گلپایگان [۱۴] و معادن آهن

*نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: shakeri_shiva@yahoo.com

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

همه کسی ۱و۲، گلالی و شهرک در بخش‌هایی از استان‌های همدان، کردستان و کرمانشاه [۱۵] اشاره کرد.

کانسنگ‌های اکسیدی آهن در همه دوره‌های زمین‌شناسی از آرکئن تا فانروزوئیک با فرایندهای گوناگون ماگمایی، گرمابی و رسوبی-درونزادی تشکیل شده‌اند. بیشتر ذخایر آهن شناخته شده ایران در ناحیه بافق در ایران مرکزی قرار دارند که تصور می‌شود که ذخایر نوع کایرونا یا اکسید آهن‌آپاتیت هستند [۱۶].

ذخایر آهن اسکارنی نیز در ایران وجود دارند که به عنوان یک مثال بارز آن می‌توان به ذخیره آهن سنگان اشاره کرد. یک نوع از ذخایر آهن که در ایران کمتر به آن توجه شده‌است، ذخایر آهن رسوبی-درونزادی است. نمونه‌هایی از این ذخایر پیشتر در ایران شناخته شده و برخی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. داده‌های موجود نشان می‌دهد که کمربند سنندج سیرجان از میزبان‌های مهم ذخایر آهن در سنگ‌های میزبان رسوبی است. توزیع زمانی و شرایط تشکیل این ذخایر و ارتباط آنها با فرایندهای دگرگونی اهمیت زیادی در پی جویی ناحیه‌ای دارد.

معدن آهن آبپونه در چهار کیلومتری غرب روستای آبپونه از توابع شهرستان تیران در غرب استان اصفهان قرار دارد. دسترسی به این معدن از طریق جاده اصلی تیران- سامان میسر است که پس از ۱۸ کیلومتر، به جاده فرعی روستای آبپونه به طول ۱۱ کیلومتر می‌رسد در این پژوهش، معدن آهن آبپونه از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی و فرایندهای کنترل کننده تشکیل کانسنگ بررسی شده است. پیش از بازکردن معدن آبپونه و بهره‌برداری از آن، بررسی‌هایی براساس رخنمون-های سطحی و چند کار کوچک معدنی در منطقه انجام شده‌است [۱۷]. این معدن در سال ۱۳۴۹ توسط برکت و کرباسیون کشف شد و در همان سال با ذخیره ۴۰۰۰۰۰ تن سنگ آهن با عیار ۶۰٪ آهن به ثبت رسید. پس از وقفه طولانی در سال ۱۳۸۷، پی‌جویی‌های زمین‌فیزیکی انجام شد و هم‌اکنون استخراج در بخش خصوصی صورت می‌گیرد. قدیمی-ترین بررسی‌های انجام شده در منطقه مربوط به نقشه زمین-شناسی اصفهان با مقیاس ۱,۲۵۰۰۰۰ [۱۸] و چادگان با مقیاس ۱,۱۰۰۰۰۰ [۱۹] هستند.

روش بررسی

پس از بررسی‌های صحرایی به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر این پژوهش، نمونه‌برداری از بخش‌های مختلف شامل سنگ میزبان و کانسنگ آهن انجام شد. برای بررسی ویژگی‌های واحدهای دگرگونی و سنگ‌های میزبان کانسنگ آهن، ۲۸ مقطع نازک و ۸ مقطع صیقلی از نمونه‌های معرف این واحدها برای شناسایی کانی و بافت‌های آن تهیه شد. به منظور بررسی شیمی کانسنگ و چگونگی زایش‌آن، تعداد ۱۵ نمونه کانسنگ خرد و تا ۹۰ میکرون پودر شد و پس از آماده‌سازی برای تجزیه با طیف‌سنج جرمی پلاسمای‌جفت‌شده القایی (ICP-MS)، سری ۷۹۰۰ به روش انحلال چهار اسید و با طیف سنج فلورسانس پرتوی ایکس (XRF) Lab Center-1800 به روش قرص ذوبی، به بخش شیمی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) ارسال شدند. آماده سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه رسوب‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی انجام شد.

در پایان، نقشه بازسازی شده معدن با نرم افزار Arc Gisرسم شد (شکل۱). همچنین برای تفسیر داده‌های زمین شیمیایی و رسم نمودارها از نرم افزارهای GCDkit و Corel draw استفاده شد.

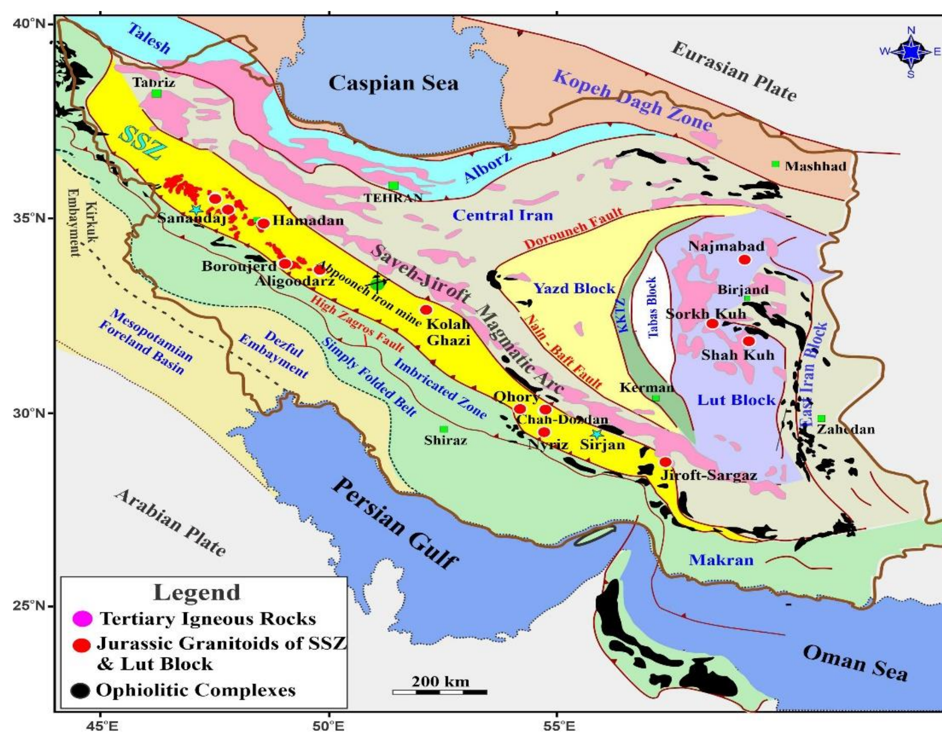
زمین شناسی و سنگ نگاری

معدن آبپونه در غرب روستای آبپونه و غرب شهرستان تیران، در بخش میانی کمربندآذرین‌دگرگونی سنندج سیرجان قرار دارد [۲۰] (شکل۲). قدیمی‌ترین واحدسنگی رخنمون یافته در منطقه گرانیت‌گنیس بوده و در بخش جنوب‌غربی نقشه قابل دیده‌است (شکل۲). این واحد شامل بافت گنیسی و از نظر کانی‌شناسی، دارای کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات پتاسیم، بیوتیت، آمفیبول، موسکویت، زیرکن، اسفن و آلانیت است [۲۱].

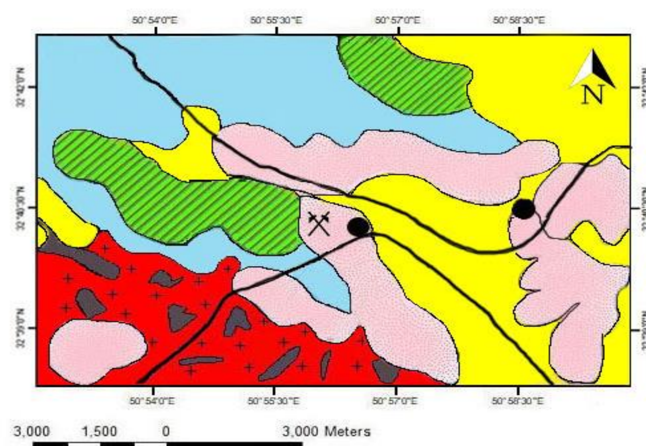
واحد سنگی گارنت‌آمفیبول‌شیست نیز در منطقه رخنمون دارد که درجنوب‌غربی نقشه قابل دیده است (شکل۱). این واحدسنگی دارای بافت ورقه شکفتی و سنگ‌های شیستی آن دربردارنده شکفته بلورهای آمفیبول از جنس ترمولیت، اکتینولیت و گارنت هستند. در این واحد سنگی بلورهای امفیبول به شکل تخته‌ای یا تیغه‌ای در تشکیل برگوارگی غالب سنگ نقش اساسی دارند افزون بر امفیبول، بلورهای نیمه شکل‌دار گارنت که در محل شکستگی به کلریت تجزیه شده‌اند نیز دیده می‌شوند. در این سنگ‌ها همچنین، بلورهای بی‌شکل فلدسپات‌های قلیایی و به مقدار کمتر کانی‌های کوارتز با خاموشی موجی و به شکل باز تبلور یافته به چشم می‌خورند [۱۹].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]



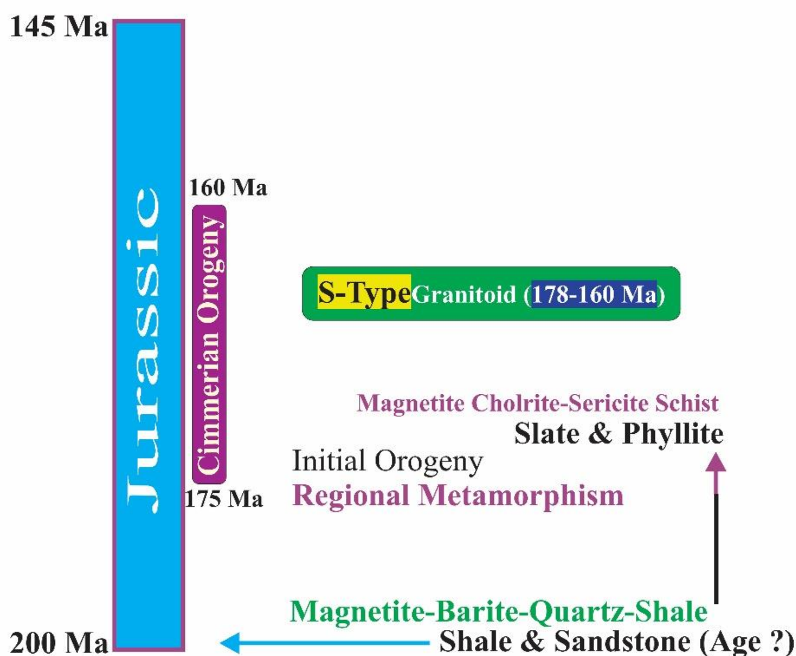
شکل۱ موقعیت معدن آهن آپونه در پهنه ساختاری سنندج سیرجان [۱۹] .



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه آبپونه زمین براساس نقشه زمین شناسی چادگان مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰[۲۰].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]
[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

واحدسنگی متاارکوز و ماسه سنگ دگرگون شده در منطقه رخنمون دارد (شکل‌های ۳ و ۴ الف)، اما در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادگان گزارش نشده است. سنگ مادر این بخش دگرگونی از جنس ماسه سنگ و شیل به همراه درون لایه‌های شیلی غنی از مواد آلی و زغال سنگ است. رخنمون‌های قدیمی این واحد را می‌توان در مرکز یک تاقدیس برگشته در جنوب روستای آبپونه دیده کرد که از سنگ‌هایی با درجه دگرگونی بالا چون گارنت آمفیبول شیست و گرانیت‌های گنیسی تشکیل شده است. واحد سنگی گابرو در منطقه رخنمون دارد (شکل ۴ ب)، اما این واحد در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادگان گزارش نشده است. این واحد در جنوب غربی منطقه و در مرکز یک تاقدیس برگشته برونزد دارد. گابرو هم زمان با رخداد دگرشکلی، که باعث چین‌خوردگی و پیدایش برگوارگی موازی با سطح محوری این چین‌ها در سنگ‌های تخریبی ژوراسیک پیشین - میانی شده، به صورت ورق‌هایی به درون این سنگ‌های تخریبی نفوذ کرده است.



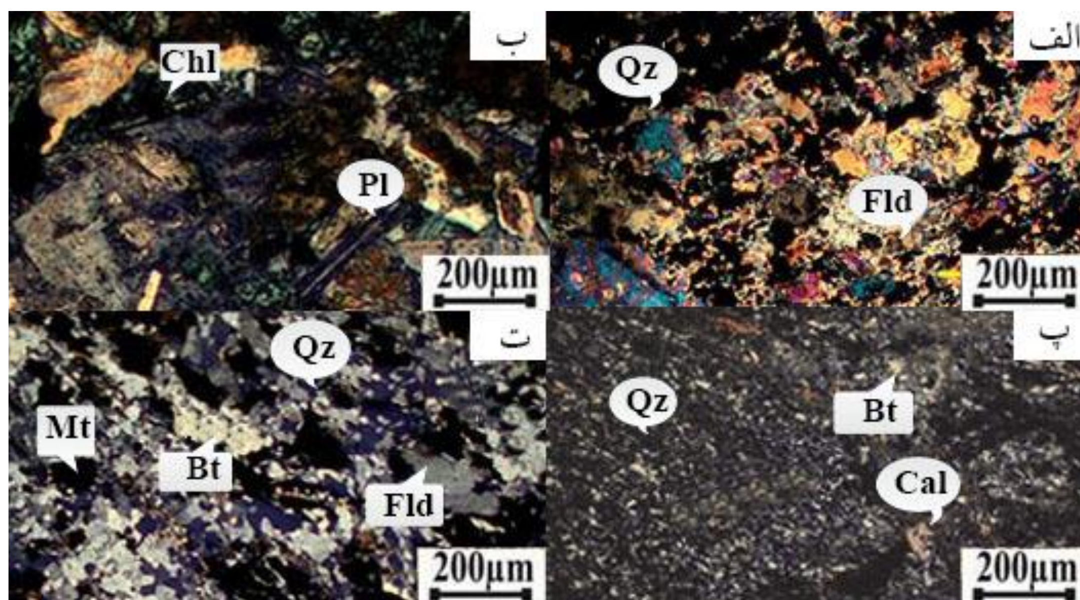
شکل۳ تاثیر کوهزایی سیمرین در سنندج سیرجان (ژوراسیک میانی).



شکل۴ نمایی از ماسه سنگ دگرگون شده ، دید شمال غرب معدن.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287] [Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

واحدهای سنگی شیست (شکل ۵ الف) و اسلیت (شکل ۵ ب) که ناشی از دگرگونی ناحیه‌ای شیل و ماسه‌سنگ هستند در منطقه رخنمون دارند و درناحیه‌ی مرکز و شرق، جنوب شرقی و در جنوب غربی نقشه قابل مشاهده هستند (شکل ۱). واحدهای شیل و ماسه‌سنگ این منطقه قابل قیاس با سازند شمشک (ژوراسیک پیشین و میانی) هستند که کوهزایی سیمرین‌میانی در ۱۷۵میلیون سال پیش رخ‌داده و طی این دگرگونی ناحیه‌ای، شیل و ماسه‌سنگ را به اسلیت و فیلیت (شکل ۴ پ) تبدیل‌کرده است (شکل ۶). این واحدهای سنگی نمایانگر بافت‌های ورقه شکفتی، اسلیتی، فیلیتی و شیستی بوده و شامل شیست، کوارتز شیست، کلریت شیست، مسکویت شیست، سرسیت شیست، سرسیت کلریت شیست هستند (شکل ۷).

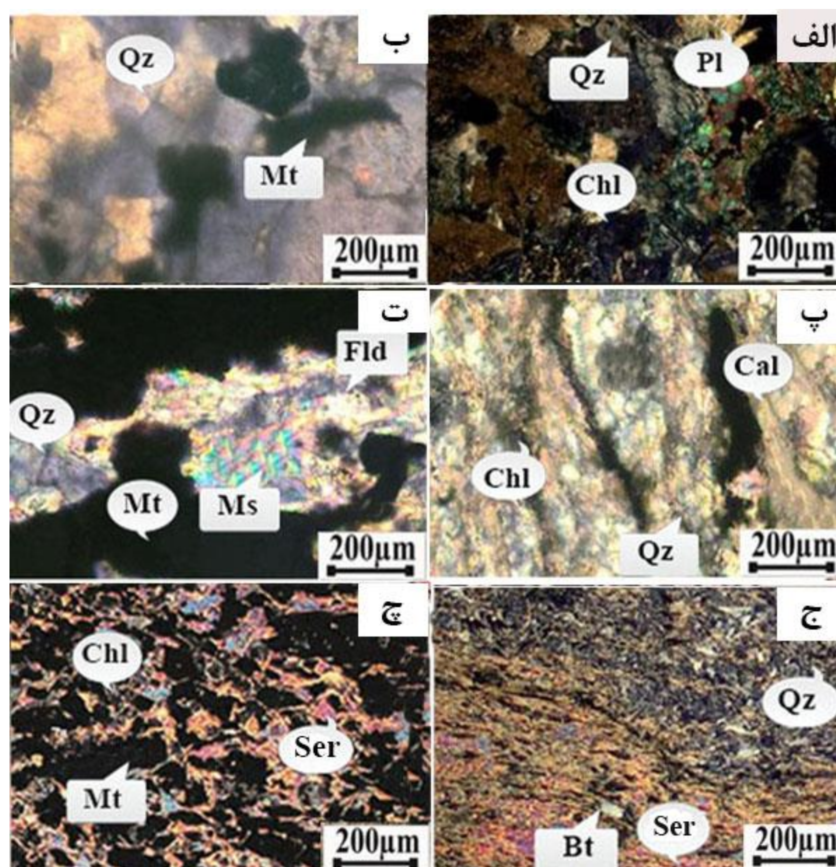


شکل۵ تصاویر میکروسکوپی واحدهای سنگی موجود در معدن (نور XPL): الف) متا آرکوز: بافت این سنگ پورفیروبلاست و پروتولیت سنگ‌آذرین می‌باشد.کانی‌های اصلی شامل فلدسپار و کوارتز و کانی‌های فرعی بیوتیت و مسکویت می‌باشد. ب) گابرو: بافت سنگ افتیک و ساب افتیک و کانی-های اصلی شامل کلریت، پلاژیوکلاز و کانی‌های فرعی مسکویت و اولیوین می‌باشد. پ) فیلیت: بافت سنگ فیلیتی و پروتولیت آن سنگ رسوبی می‌باشد. کانی اصلی شامل کوارتزهای جهت یافته و فلدسپار و کانی‌های فرعی باریت و کلسیت ثانویه می‌باشد. ت) متاریولیت: بافت سنگ پورفیروبلاست و لپیدوبلاست و پرتولیت آن سنگ آذرین می‌باشد کانی های اصلی شامل کوارتز و فلدسپار و کانی فرعی باریت و مگنتیت می‌باشد. (Qz=کوارتز،Bt=باریت ،Mt=مگنتیت، Cal=کلسیت، Fld=فلدسپار ، ،Chl=کلریت ، Pl=پلاژیوکلاز) [۲۲].



شکل ۶ الف) نمایی از جهت‌یافتگی شیست در معدن آبپونه که نشان دهنده برگوارگی هستند،ب) نمایی از اسلیت در شمال‌غرب معدن.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]
[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]



شکل۷ تصاویرمیکروسکوپی واحدهای سنگی موجود در معدن آبپونه (نور XPL): الف) شیست با بافت دانه‌شکفتی سنگ مادر سنگ‌رسوبی که کانی‌های اصلی شامل کوارتز و فلدسپار و کانی های فرعی مگنتیت پلاژیوکلاز، کلریت و باریت هستند، ب) کوارتزشیست: با بافت ورقه شکفتی و شیستوارگی و سنگ مادر رسوبی که کانی‌های اصلی شامل‌کوارتز و مگنتیت و کانی‌های فرعی فلدسپار،کلسیت و مسکویت هستند، پ) کلریت‌شیست: با بافت‌های میکروسکوپی ورقه‌شکفتی و دانه‌شکفتی و سنگ مادر رسوبی که کانی‌های اصلی شامل کلریت و کوارتز و کانی‌های فرعی کلسیت و مسکویت هستند، ت) مسکویت شیست: با بافت دانه شکفتی و شیستوارگی سنگ مادر رسوبی که کانی‌های اصلی شامل مسکویت و کوارتز و کانی‌های فرعی کلسیت، مسکویت و مگنتیت هستند، ث) سرسیت شیست با بافت ورقه شکفتی و شیستوارگی و سنگ مادر رسوبی که کانی‌های اصلی شامل سرسیت و کوارتز و کانی‌های فرعی باریت و فلدسپار هستند و ج) سرسیت کلریت شیست با بافت ورقه شکفتی و شیستوارگی و سنگ مادر رسوبی که کانی های اصلی شامل سرسیت، و کلریت و کوارتز و کانی های فرعی باریت، کلسیت و مگنتیت هستند.
(Qz=کوارتز،Bt=باریت ،Mt=مگنتیت، Cal=کلسیت، Fld=فلدسپار ،Ms=مسکویت،Chl=کلریت،Ser=سرسیت، Pl=پلاژیوکلاز [۲۳]).

کانی‌های اصلی اسلیت شامل انواع میکا، کلریت و کوارتز هستند که با افزایش درجه دگرگونی، اسلیت به فیلیت و شیست تبدیل می‌شود که از نظر کانی‌شناسی شبیه هم هستند ولی با افزایش درجه دگرگونی دانه درشت‌تر می‌شوند.

واحدهای سنگی که از تناوب شیل، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و سنگ‌آهک در این منطقه رخنمون دارند با پیشروی دریا در این گستره رخساره‌های کربناتی نهشته شده‌اند. تناوب فعالیت‌های آتشفشانی همراه با سنگ آهک‌های تریاس پسین - ژوراسیک پیشین نشانگر فوران سنگ‌های آتشفشانی در یک محیط کم عمق است که این پدیده را به ویژه در جنوب شرقی پهنه سنندج - سیرجان می‌توان دیده کرد که در این سنگ‌ها دگرگونی خفیفی نیز دیده می‌شود این دگرگونی خفیف باعث تبدیل ریولیت به متاریولیت شده است (شکل ۴ ت). ستبرای دقیق آن را نمی‌توان برآورد کرد، اما دست کم چندصد متر ضخامت دارد و در شمال و شمال‌غربی نقشه قابل دیده است (شکل ۱).

واحدهای سنگی دیگری مربوط به کرتاسه پیشین شامل سنگ آهک و مارن در منطقه رخنمون یافته‌اند که ستبرای بیش از هزار متر دارند و همبری‌های بالا و پایین آنها دارای ناپیوستگی زاویه‌دار بوده که مربوط به پس از کوهزایی سمیرین

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]
[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

هستند و در شمال و شمال‌غرب نقشه دیده می‌شوند [۱۹] (شکل۱).

جوان‌ترین واحد سنگی رخنمون یافته در منطقه رسوب‌های سخت نشده کواترنری ناشی از فرسایش رسوب‌های پس از کوهزایی هستند که در شمال‌شرق، جنوب‌شرق، غرب و شمال غربی نقشه دیده می‌شوند (شکل ۱).

کانه نگاری

برپایه‌ی بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی واحدهای سنگی موجود در معدن شامل دو دسته کانسنگ و سنگ میزبان هستند. کانسنگ آهن به صورت هم‌شیب و لایه‌لایه با سنگ میزبان دگرگونه قرار دارد. کانسنگ آهن به دوصورت لایه‌ای و توده‌ای در این معدن دیده می‌شود (شکل ۴). سنگ مادر شامل سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی است. تعداد هشت مقطع صیقلی برای شناسایی کانه‌ها و بافت‌های کانسنگ از نمونه‌های کانسنگ و سنگ‌های کانه‌دار تهیه و بررسی شدند. در بسیاری از نمونه‌ها، رگه بزرگی از پیریت مگنتیت را قطع کرده و پیریت در مگنتیت تشکیل شده که نشاندهنده روزادی بودن آن است. سیال گرمابی سولفیدی پس از تشکیل کانسنگ به مگنتیت نفوذ کرده و باعث ایجاد پیریت شده است.

مگنتیت: مگنتیت به عنوان کانه اصلی در این معدن وجود دارد و به صورت لایه‌ای و توده‌ای دیده شده است (شکل ۸). مگنتیت توده‌ای در شرایطی به وجود می‌آید که در زمان پیدایش معدن، غلظت آهن در برابر اسید سیلیسیک (H_2SIO_4) بالا باشد [۲۳]. مگنتیت لایه‌ای همراه با کوارتز و باریت دیده شد.

پیریت: این کانی به شکل انتشاری و رگه‌ای همراه با مگنتیت پدید می‌آید (شکل ۹) چنان که در شکل ۹ الف دیده می‌شود پیریت رگه‌ای مگنتیت را قطع کرده که نشاندهنده روزادی بودن آن است. همچنین پیریت به صورت رگه‌ای و انتشاری با رگه‌های سیلیسی تشکیل شده که نشاندهنده‌ی کانی‌زایی همزاد سولفید و سیلیس است.

هماتیت: پس از مگنتیت و پیریت، هماتیت فراوان‌ترین کانه موجود در معدن است. هماتیت ثانویه در اثر دگرسانی و هوازدگی مگنتیت در کناره‌ها پدید می‌آید [۲۴] (شکل ۱۰). تشکیل هماتیت در این مرحله نیازمند افزایش گریزندگی اکسیژن است و این اکسیژن توسط آب‌های ماگمایی یا جوی در پهنه‌های شکسته و خرد شده تامین می‌شود [۲۵] (شکل ۱۱).



شکل۸ الف) مگنتیت با بافت توده‌ای همراه با کوارتز و باریت، ب) مگنتیت با بافت نواری همراه با کوارتز و باریت.



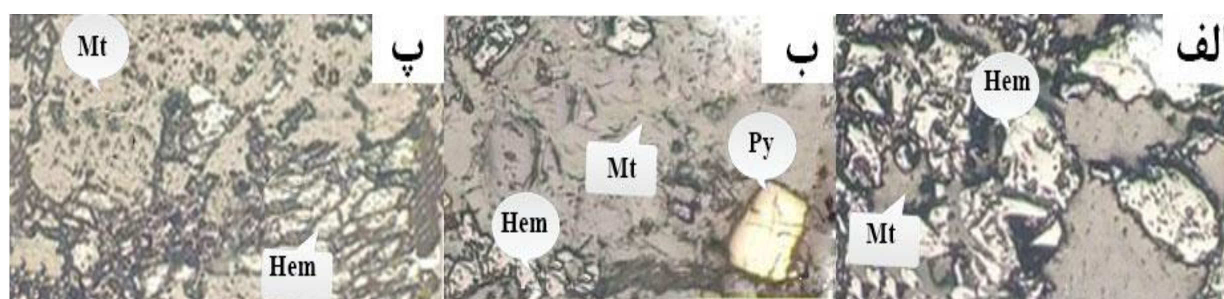
شکل۹ الف) پیریت رگه‌ای که مگنتیت را قطع کرده و نشاندهنده روزادی بودن آن است ،ب) پیریت به صورت انتشاری روی مگنتیت قرار دارد و بخشی از مگنتیت که به هماتیت تبدیل شده است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]



شکل۱۰ تبدیل بخشی از مگنتیت به هماتیت در اثر دگرسانی.



شکل ۱۱ الف) نمایی از هماتیت و مگنتیت که در مقطع صیقلی 60درصد مگنتیت و 40درصد هماتیت دیده شده و هماتیت جانشین آهـن شـده است.ب) نمایی از مگنتیت و پیریت شکل دار و هماتیت که در مقطع صیقلی شامل ۴۰ درصد پیریت، ۵۰ درصدمگنتیت و ۱۰ درصدهماتیت است. پ) نمایی از مگنتیت و پیریت که پیریت به صورت میانبار در مگنتیت وجود دارد. در مقطع صیقلی این نمونه مقدار ۷۰ درصد مگنتیت، ۲۰ درصد پیریت و ۱۰ درصد هماتیت دیده شده است. (Mt=مگنتیت،Hem=هماتیت،Py=پیریت [۲۳]).

دگرسانی سیلیسی و پیریتی: سیالی شامل گوگرد احیایی به سنگ‌ها نفوذ یافته و در برخورد با مگنتیت در راستای پهنه شکستگی جانشین مگنتیت شده و بسته به مقدار گوگرد احیایی، کل مگنتیت و گاهی مقداری از آن را به پیریت تبدیل کرده است. پیریت به صورت پراکنده و میانبار در مگنتیت بوجود آمده است.

سیال گرمابی که پیریت را بوجود آورده باعث ایجاد رگه‌های سیلیسی نیز شده‌است. در واقع، یک سیال سولفیدی اشباع از سیلیس منجر به دگرسانی سیلیسی و سولفیدی شده است (شکل۱۲).

زمین شیمی کانی ها

چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در واحدهای سنگی و کانسنگی و همچنین همبستگی آنها اطلاعات مفیدی در اختیار می‌گذارد. با استفاده از این روابط می‌توان به ویژگی‌های محیط و فرآیندهای مؤثر در تشکیل یک معدن پی برد. هر سنگ را می‌توان یک سامانه شیمیایی در نظر گرفت که تغییرات شیمیایی در آن با عوامل مختلفی ایجاد شده و با تغییر شرایط تعادلی پیشین، سامانه جدیدی پدید می‌آید [۲۶]. عناصری که اجزای آن دستخوش این تغییرات می‌شوند از طریق تبادل با سامانه سنگی و ایجاد تغییرات به تعادل می-رسند که اثر آن را میتوان در ترکیب شیمیایی سنگ دیده نمود. اثر این مهاجرت که به عوامل زمین شیمیایی محیط از جمله پتانسیل اکسایش-کاهش (Eh) درجه اسیدی (pH)، گریزندگی اکسیژن و یا ترکیبی از آنها بستگی دارد، به بازسازی شرایط فیزیکوشیمیایی سنگ، کمک می‌کند.

افزون بر سنگ‌نگاری بررسی‌های زمین‌شیمیایی نیز انجام شده است که نتایج زمین‌شیمی سنگ میزبان و کانسنگ به روش XRF در جدول ۱ و به روش ICP-MS در جدول ۲ مشخص شده است.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287] [Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]



شکل۱۲ نمایی از دگرسانی سولفیدی و سیلیسی در جنوب معدن.

جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی سنگ میزبان و کانسنگ معدن آهن آبپونه به روش XRF مقادیر برحسب درصد هستند.

نمونه	Ap12	Ap6	Ap5	Ap4	Ap3	Ap1
MgO	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۱	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۱۱
Al2O3	۱٫۱۳	۱٫۰۶	۰٫۵۸	۱٫۳۱	۱٫۸	۰٫۲۳
SiO_2	۱۷٫۴	۱۱٫۸	۲٫۸۲	۱۳٫۵	۵٫۲۷	۷٫۲۸
P_2O_5	۰٫۰۶۶	۰٫۰۳۷	۰٫۰۳	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷
SO_3	۰٫۸۶	۳٫۴۱	۱۱٫۷	۵٫۳۲	۸٫۳۱	۸٫۴۷
K_2O	۰٫۱۸۹	۰٫۱۲۱	۰٫۰۴۶	۰٫۲۹۷	۰٫۲۸	۰٫۲
CaO	۳٫۳۹	۰٫۳۵	۰٫۰۶۸	۰٫۳	۰٫۲۲	۲٫۳۳
MnO	۰٫۱۰۴	۰٫۱۹	۰٫۱	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۱۴
FeOt	۷۳.۷	۷۷٫۲۹	۶۴٫۷۷	۶۷٫۶۴	۶۴٫۴۵	۶۴٫۸۵
BaO	۱٫۱۴	۵٫۱۹	۱۸٫۶۲	۸٫۸۵	۱۴٫۳	۱۴٫۱۵
TiO_2	۰٫۰۶۵	۰	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۹۸
LOI	۰٫۶۱	۰	۰٫۴	۱٫۸۷	۴٫۱۴	۰٫۹۹
مجموع	۹۹٫۹۱	۹۹٫۹۶	۹۹٫۸۹	۹۹٫۹۴	۹۹٫۹۵	۹۹٫۹۸

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی سنگ میزبان و کانسنگ معدن آهن آبپونه به روش ICP-MS مقادیر برحسب ppm هستند.

نمونه	AP57	AP34	AP49	AP28	AP40	AP33	AP51	AP44	AP52
کانی	Mt-Qtz-Cc-Ba	Mt-Ba-Qtz-Cc	Mt-Qtz-Fed	Mt-Cho-Qtz-Mus-Oli	Qtz-Mt-Ba-Ser-Cho	Mus-Qtz-Mt-Cho-Oli	Mt-Mus-Cc-Fed	Mt-Ser-Cc-Fed-Cho	Mt-Ba-Qtz-Fed
Fe	۷۸۵۰۰	۷۸۵۰۰	۷۸۱۰۰	۵۲۹۰۰	۴۲۰۰۰	۵۲۱۰۰	۷۸۲۰۰	۷۷۲۰۰	۷۸۹۰۰
Mn	۵۷	۱۲۲	۹۷	۱۴۷۰	۷۱۴	۱۱۹۵	۱۴۰	۱۴۷	۲۷
Ti	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۷۳۰۰	۳۸۰۰	۸۳۰۰	۱۰۰	۶۰۰	۰
Co	۱٫۲	۲	۵	۵۴	۲۹	۷۰	۱٫۲۱	۱۱	۱
Cr	۲۴۱	۲۹۴	۲۶	۱۰۵	۸۶	۸۷	۵۹	۳۱	۷۷
Ni	۴۶	۶۶	۳۵	۴۷	۴۶	۳۸	۴۸	۳۵	۵۱
P	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰	۱۸۰۰	۳۳۰۰	۱۰۰	۷۰۰	۱۰۰
S	۸۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۲۰۰	۶۰۰	۲۹۰۰	۲۳۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰
Ba	۱۸۹۳	۴۷۴۴	۲۱۵۵	۱۴۴۴	۱۴۰۷	۱۹۰۶	۱۴۷۶	۴۸۴۸	۲۰۲۱
Al	۱۴۳۰۰	۱۶۲۰۰	۱۲۰۰	۵۴۴۰۰	۶۴۳۰۰	۵۹۱۰۰	۲۳۰۰	۱۶۰۰۰	۲۹۰۰
Mg	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۶۰۰	۳۴۹۰۰	۱۷۱۰۰	۲۸۶۰۰	۱۳۰۰	۳۳۰۰	۳۰۰
Ca	۳۷۰۰	۲۱۰۰	۸۰۰	۴۸۶۰۰	۳۱۹۰۰	۳۹۳۰۰	۷۰۰۰	۴۵۰۰	۱۲۰۰
K	۴۶۰۰	۵۱۰۰	۱۰۰	۳۳۰۰	۱۷۳۰۰	۵۸۰۰	۳۰۰	۴۴۰۰	۸۰۰
Na	۶۳۰۰	۷۲۰۰	۴۰۰	۲۰۸۰۰	۱۶۰۰۰	۲۲۲۰۰	۴۰۰	۵۳۰۰	۴۰۰

Mt=Magnetite, Cc=Calcite, Ba=Barite, Mus=Muscovite, Cho=Chlorite, Qtz=Quartz, Fed=Feldspar, Oli=Olivine, Ser= Sericite [23].

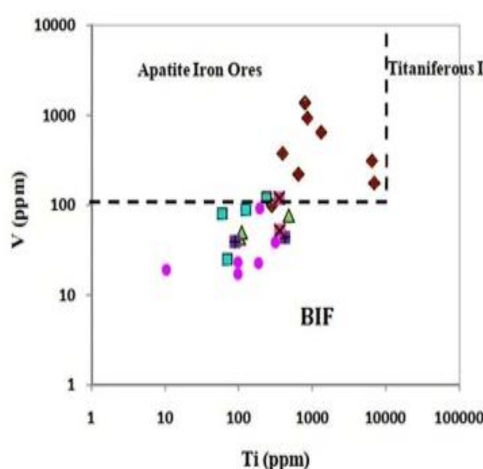
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

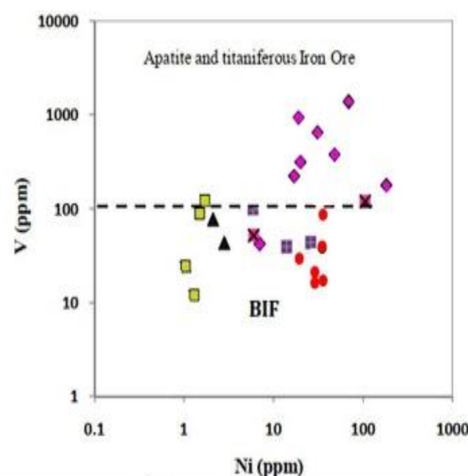
[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

مقایسه کانسنگ آهن آبپونه با معادن آهن در پهنه سنندج- سیرجان و ایران مرکزی میانگین اکسیدهای اصلی کانسنگ آبپونه با میانگین اکسیدهای اصلی کانسنگ معادن موته [۱۴]، چاه چغوک [۱۲]، گل گهر [۱۳] و ناهنجاری شمالی بافق [۱۶] مقایسه شده است (جدول ۳) .کانسنگ نواری آبپونه نسبت به کانسنگ‌های موته، چاه جغوک، گل گهر و کانسنگ ناهنجاری شمالی بافق مقدار آهن و سیلیس بیشتری دارد و فقیر از منیزیم است (شکل ۱۳ و ۱۴) پهنه سنندج- سیرجان دارای ذخایر متعددی از کانسنگ آهن است که برخی از آنها دردست بهره‌برداری هستند. کانسار گل‌گهر در جنوب غربی سیرجان یکی از کانسارهای شناخته شده آهن در این پهنه بوده که در مورد خاستگاه آن نظریه‌های متفاوتی ارائه شده است [۲۷]. آخرین نظریه در مورد خاستگاه این کانسار توسط بابکی و همکاران [۱۳] ارائه شده است که آن را به عنوان کانسار رسوبی نوع راپیتان، با سن احتمالی پروتروزوئیک معرفی می‌کند.

جدول۳ مقایسه مقادیر میانگین اکسیدهای اصلی در کانسنگ‌آهن آبپونه با معادن آهن در پهنه سنندج- سیرجان و ایران مرکزی (برحسب درصد).

میانگین درصد اکسیدهای وزنی	میانگین درصد وزنی اکسیدهای اصلی 5 نمونه از کانسنگ موته [۱۰]	میانگین درصد وزنی اکسیدهای اصلی 2 نمونه از کانسنگ چاه چغوک [۱۲]	میانگین درصد وزنی اکسیدهای اصلی در کانسنگ گل گهر [۱۳]	میانگین درصد وزنی اکسیدهای اصلی 10 نمونه از کانسنگ ناهنجاری شمالی بافق [۱۶]	میانگین درصد وزنی اکسیدهای اصلی از ۶نمونه کانسنگ آبپونه
SiO_2	۵۷٫۲۱	۹۰٫۲	۴۰٫۱۹	-	۲۳٫۴۱
Al_2O_3	۴۹٫۰	۳۰٫۰	۳۸٫۲	۴۳٫۴	۱۶٫۱
Fe_2O_3	۴۵٫۵۲	۶۹	۱۲٫۴۹	۵۹٫۵۲	۸۷٫۷۲
MgO	۲۴٫۰	۵۳٫۲	۸۲٫۵	۲۲٫۲	۱۸٫۰
CaO	۴۰٫۰	۵۴٫۷	۵۵٫۴	۳۳٫۲	۳۴٫۱
Na_2O	۰۱٫۰	۰۴٫۰	۲۰٫۲	۰۵٫۳	۱۳٫۰
k_2O	۰۱۴٫۰	۰۵٫۰	۶۰٫۰	۳۲٫۱	۲۰٫۰
MnO	۹۸٫۰	۰۲٫۳	۰۱٫۰	۰۵٫۰	۲۹٫۰



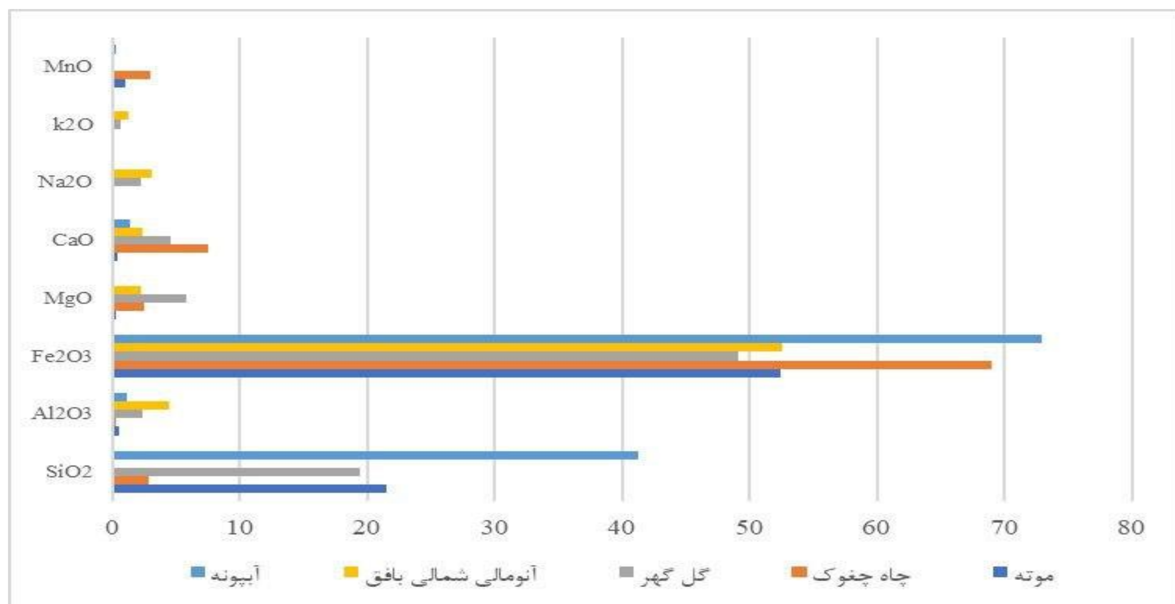


کانسنگ گلالی ■ کانسنگ شهرک ● کانسنگ آب پونه ▲ کانسنگ چاه چغوک ■ کانسنگ موته ◆ آنومالی شمالی بافق

● کانسنگ آب پونه ▲ کانسنگ چاه چغوک ■ کانسنگ موته ■ کانسنگ شهرک ✖ کانسنگ گلالی ◆ آنومالی شمالی بافق

شکل ۱۳ جای‌گیری نمونه‌های کانسنگ آبپونه و تعدادی از نمونه‌های کانسنگ ذخایر آهن در نمودارهای دوتایی وانادیوم، تیتانیوم, وانادیوم نیکل برای تعیین خاستگاه معادن آهن [۲۸].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]
[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

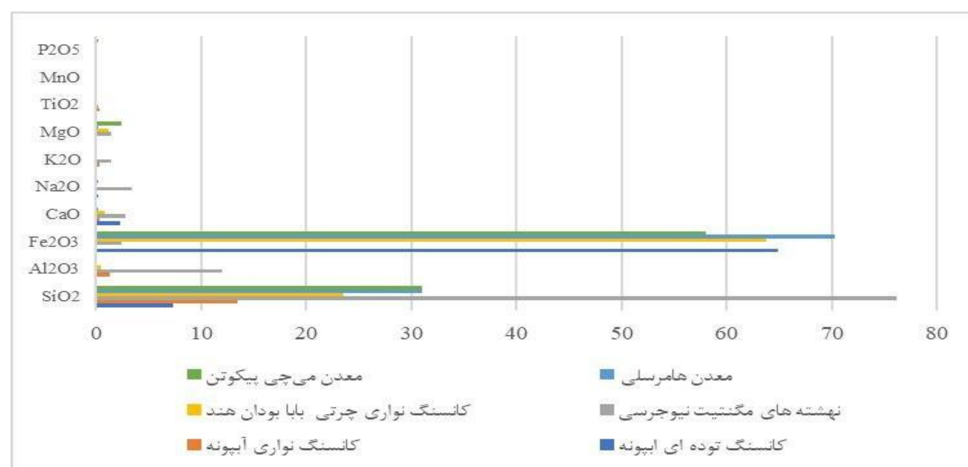


شکل ۱۴ نمودار چند عنصری برای مقایسه درصد اکسیدهای اصلی در کانسنگ آبپونه با برخی از معادن آهن در پهنه سنندج - سیرجان و ایران مرکزی.

مقایسه معدن آبپونه با نمونه‌های جهانی

انواع مختلفی از معادن آهن رسوبی دگرگون و آذرین، گرمابی، اسکارن و ... شناخته شده است که با توجه به شباهت این معدن با معادن رسوبی آهن نواری مقادیر عناصر آن با معادن موجود در سنندج سیرجان و ایران مرکزی و نهشته‌ها و معادن دیگر از قبیل نهشته‌های مگنتیت نیوجرسی [۲۹]، کانسنگ نواری چرتی بابا بودان هند [۳۰]، معدن هامرسلی [۳۱] و معدن می چی پیکتون [۳۲] بررسی شد. با توجه به شکل ۱۵، معدن آبپونه در مقایسه با میانگین اکسیدهای اصلی در معادن اهن نواری مقدار سیلیس منگنز و کلسیم پایین‌تر و میزان اکسید سدیم، آلومینیوم بالاتری نشان می‌دهد این مقدار در کانسنگ توده‌ای میزان اکسید کلسیم، سدیم بیشتری نشان می‌دهد. فراوانی تیتانیوم الومینیوم و منیزیم نشان‌دهنده ورود مواد تخریبی به حوضه رسوبی است [۳۳] (جدول ۴).

از مقایسه الگوهای جهانی و بر پایه مقدار عناصر موجود در کانسنگ و سنگ میزبان می‌توان نتیجه گرفت که ۱) خاستگاه عناصر تشکیل‌دهنده در کانسنگ قابل مقایسه با نوع آلگوما و سوپریور است. ۲) مواد تخریبی به حوضه وارد شده‌اند و رسوب-گذاری شیمیایی فرآیند غالب بوده است.



شکل۱۵ نمودار چند عنصری برای مقایسه درصد اکسیدهای اصلی در کانسنگ‌های آبپونه با کانسنگ نیوجرسی [۲۹]، هامرسلی [۳۰]، بابابودان هند [۳۱]، می چی پیکوتن [۳۲].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

جدول۴ مقایسه مقادیر اکسیدهای اصلی در معدن کانسنگ آپیونه با سایر معادن رسوبی(برحسب درصد).

اکسید های اصلی	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5
کانسنگ توده ای اپیونه	۲۸٫۷	۶۲٫۰	۸۵٫۶۴	۳۳٫۲	۲۲٫۰	–	۱۱٫۰	۱۴٫۰	–	–
کانسنگ نواری آپیونه	۵۰٫۱۳	۳۱٫۱	۶۴٫۶۷	۳۰٫۰	۱۲٫۰	۲۹٫۰	۱۲٫۰	۳۰٫۰	–	۰۷٫۰
نهشته های مگنتیت نیوجرسی [۲۹]	۱۸٫۷۶	۰۳٫۱۲	۴۳٫۲	۸۰٫۲	۴۰٫۳	۴۲٫۱	۴۴٫۱	۲۱٫۰	۰۷٫۰	۰۹٫۰
کانسنگ نواری چرتی بابا بودان هند [۳۰]	۵۰٫۲۳	۴۱٫۰	۸٫۶۳	۸۵٫۰	۰۵٫۰	۰۳٫۰	۲۳٫۱	۰۱٫۰	۰۳٫۰	۰۲٫۰
معدن هامرسلی [۳۱]	۳۱	۰۵٫۰	۳۰٫۷۰	۲۳٫۰	۲۶٫۰	۰۲٫۰	۲۳٫۰	۰۲٫۰	۰	۱۳٫۰
معدن می‌چی پیکوتن [۳۲]	۳۱	۱۴٫۰	۰۱٫۵۸	۰۶۱٫۰	۰۹٫۰	۰	۳۶٫۲	۰۲٫۰	۰۳٫۰	۱۸٫۰

برداشت

معدن آهن آپیونه در ۸۵ کیلومتری غرب استان اصفهان در شهرستان تیران واقع شده است سنگ میزبان این معدن شامل ماسه سنگ دگرگونه، کلریت مسکویت شیست و فیلیت است درون سنگ‌های دگرگونه یک رخداد کانی‌زایی آهن صورت گرفته است.

کانسنگ در معدن آپیونه به دو صورت ۱) نواری شامل تناوبی از لایه‌های باریت و سیلیس و مگنتیت و ۲) توده‌ای مگنتیت- هماتیتی همراه با مقادیر باریت و کوارتز وجود دارد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، سنگ میزبان در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده و کانسنگ رسوبی است.

سنگ رسوبی اولیه در محیط کم عمق رسوب کرده و کانی‌های سیلیکاتی چون مسکویت و کلریت طی دگرگونی ناحیه‌ای در سنگ میزبان ایجاد شده‌اند از این رو، رخساره شیست سبز را برای سنگ‌های در برگیرنده کانسنگ می‌توان در نظر گرفت. وجود لایه‌های اکسید آهن در تناوب با لایه‌های سنگ میزبان نشان‌دهنده رسوبی بودن خاستگاه کانسنگ آهن آپیونه است. لایه‌های نواری کانسنگ شامل تناوبی از باریت سیلیس، مگنتیت و هماتیت هستند. رشد شکفته بلورها در سنگ میزبان لایه‌بندی نواری اکسید آهن را به‌هم زده‌اند که نشان‌دهنده تشکیل اکسید آهن سپس از فرآیند دگرگونی است. به‌طور کلی، دگرگونی اثری بر کانه‌زایی نداشته و کانسنگ آپیونه با تشکیل کانی دگرگونی ویژه‌ای همراه نبوده است. دگرگونی فقط باعث بازتبلور کانی‌ها گردیده است. لایه‌بندی موازی با سنگ میزبان نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی آن است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده پیرامون ویژگی‌های زمین شیمی مگنتیت‌های معادن سوئد [۳۴] نمودارهایی ارائه شد که با توجه به تغییرات وانادیوم نسبت به تیتانیم و نیکل، معادن آهن ماگمایی و آهن تیتان‌دار را از معادن آهن نواری تفکیک می‌کند. در نمودار دوتایی V نسبت به Ti، مرز جداکننده معادن رسوبی از معادن ماگمائی آپاتیتی و تیتان‌دار، مقدار وانادیم حدود 100 ppm است. مرز معادن آپاتیتی با معادن تیتان‌دار، با 1000 ppm تیتانیوم مشخص می‌شود. در نمودار دوتایی V نسبت به Ni، مرز جدایش معادن آهن نواری (BIF) از معادن آذرین آپاتیتی و غنی از تیتانیوم، مقدار وانادیم برابر با 100 ppm است. باتوجه به ترکیب، معدن آهن آپیونه، موته و چاه چغوک در دسته آهن نواری‌ها قرار دارند و ترکیب نمونه‌های کانسنگ ناهنجاری شمال بافق در گستره معادن آپاتیتی واقع است.

قدردانی

نویسنده صمیمانه از راهنمایی و حمایت‌های بی دریغ همه مسئولین و کارکنان بخش اداری و آزمایشگاهی دانشگاه شهید بهشتی تشکر می‌نماید.

مراجع

[1] Moein Vaziri H., *"An introduction to the Magmatism in Iran (in persian)"* (1996) 200-280.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]		[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[15] Barati M.,"*Comparison and genesis of iron ore deposits in some parts of Hamedan,Kermanshah and Kordestan States*" M.sc. thesis,Shahid Beheshti University of Tehran(2008)in persian.

[16] Behzadi M.,"*Geochemistry and Genesis of northen anomaly iron deposit located in Bafgh area,Yazd*" Ph.D. Thesis ,Shahid Beheshti University of Tehran(2006)in persian.

[17] Sadeghi K., "*Geochemistry and generate iron ore in the iron deposit of Abpooneh,West of Isfahan province* " M.sc. thesis,Shahid Beheshti University of Tehran(2010)in persian.

[18] Zahedi M.,Vaezi A.,"*Geological map of Isfahan (scale 1:250000)*". Geological Survey&Mineral Exploration of Iran (1978).

[19] Ghasemi A., Haj Hosseini A., Hosseini M.,"*Geological map of Chadegan (scale 1:100000)*". Geological Survey&Mineral Exploration of Iran (2006).

[20] Karimpour, M.H., Shirdashtzadeh, N. and Sadeghi, M., 2021. *"Granitoids of Sanandaj-Sirjan Zone that are concurrent with Cimmerian Orogeny (178-160 Ma) belong to ilmenite series (S-type) investigation of reason for lacking the porphyry tin mineralization"*. Journal of Economic Geology, 13(1): 1–28. (in Persian with English abstract) DOI:10.22067/econg.v13i1.1011

[21] Riyahi Samani F, Shabanian Boroujeni∗ N, Davoudian Dehkordi A, Bakhtiyari B**.**, *" Fractal analysis of quartz grain boundary in the gneissic granite of Abadchi, North of Shahrekord. "* www.ijcm.ir 2019; 27 (2) :401-410. DOI: 10.29252/ijcm.27.2.401

[22] Whitney D., Evans B.,"*Abbreviations for names of rock forming minerals*", American mineralogist 95 (2010) 185-187.

[23] Maynard, J. B., Okita, P. M., "*Bedded barite deposits in the United States,Canada, Germany, and China; two major types based on tectonic setting*". Economic Geology; 1991, v. 86; no. 2, pp. 364-376 (1991).

[24] Bau, m., moller, p., "*Rare earth element systematice of the chemically precipitated component in Early Precambrian iron-formation and the evolution of terrestrial atmosphere-hydrosphere-lithosphere system*". Geochim Cosmochim Acta, V.57, pp. 2239-2249. (In: Klein, 2005) DOI:10.1016/0016-7037(93)90566-F

[25] Haynes, D.W., "*Iron oxide copper (-gold) deposits: Their position in the ore deposit spectrum and modes of origin. In: T.M. Porter (Editor), Hydrothermal iron oxide-copper-gold*

[2] Houshmandzadeh A., Soheili M., "*Explanatory Text Of The Eqlid Quadrangle Map 1:25000. Geological Survey of Iran* " (1990).

[3] Gregory J.W., "*The structure of Asia . Introduction . London*" (1929).

[4] Stocklin, J. "*Structural History and Tectonic of Iran: A Review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, USA*" 1229-1258(1968).

[5] Ricou, L.E., "*Une coupe a travers les se´ries a radiolarite des monts Pichakun (Zagros, Iran). Socie´te´ Ge´ologique de France* " .(10), 478–485 1968.

[6] Mohajjel M ., Fergusson Cl ., "*Dextral transpression in late Cretaceous continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, Western Iran*" (2000)

[7] Thiele, O., Alavi, M., Assefi, R., Hushmandzadeh, A., Seyed-Emami, K. and Zahedi, M., "*Geological map of the Golpaygan quadrangle, scale 1:250,000. Geological Survey of Iran.(1968)* "

[8] Zahedi.,M "*Geological map of shahrekord 1:250000,Geological survey of iran map (1992)*

[9] Sabzehei M., "*Geological Map of the Neyriz. Geological Quadrangle Map 1\100000, No. 6848, Geological Survey of Iran.* " (1996) (In Persian)

[10] N. RachidnejadOmran et al., C. R. "*Lithostratigraphie et histoire paléozoïque à paléocène des complexes métamorphiques de la région de Muteh, zone de Sanandaj–Sirjan (Iran méridional)* " Geoscience1185–1191(2002).

[11] Hassanzadeh J., Stockli F., Horton B., Axen J., Stockli D., Grove D.. Schmitt K., Douglas Walker J., "*U-Pb zircon geochronology of late Neoproterozoic–Early Cambrian granitoids in Iran: Implications for paleogeography, magmatism, and exhumation history of Iranian basement,Tectonophysics,* "(2008) 71-96

[12] Amini Y. S.,"*Genetic model of chah-chaghok iron ore deposit,southest sirjan,southern iran*",M.sc. thesis,Shahid Beheshti University of Tehran(2009) in persian.

[13] Babaki A., & Aftabi A., "*Investigation on the model of iron mineralization at gol gohar iron deposit, Sirjan-Kerman*. (in Persian)Geoscience of Iran (2006) 40-59 in persian.

[14] Atrsaei P., "*Geology and Conditions of Formation of Iron Ores, and Relations to Metamorphic Processes, in Mooteh Area ,East of Golpayegan*" M.sc. thesis,Shahid Beheshti University of Tehran(2008)in persian.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]

and related deposits" A global perspective. Australian Mineral Foundation, Adelaide, pp.71–90 (2000).

[26] Clark F.,*"The relative abundance of the chemical elements"* (1892).

[27] Young, G. M., 2002 *"Stratigraphic and Tectonic Setting of Proterozoic Glaciogenic. Rocks"* Journal of African Earth Science, Geological Society of Africa Presidential,v.35, P: 451-466.

[28] Berberian, M. and King, G. C. P *"Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences "*18: 1764-6 . (1981).

[29] Paul K. Sims and A. F. Buddington *"Geology and magnetite deposits of Dover district, Morris County, New Jersey, with a description of the geologic section at Hibernia mine"* Professional Paper 287, DOI:10.3133/pp287

[30] Roy, Subrata., Venkatesh, A.S., 2009. *"Mineralogy and geochemistry of banded iron formation and iron ores from eastern India with implications on their genesis"*, J. Earth Syst. Sci. 118, No. 6, 2009, pp. 619–641 Indian Academy of Sciences.

[31] Z.X. Li, C.McA. Powell and R. Bowman *" Timing and genesis of Hamersley iron-ore deposits"* Exploration Geophysics 24(4) 631 – 636. DOI:10.1071/EG993631

[32] Arthur Philemon Coleman *"The Helen iron mine, Michipicoten"* Economic Geology (1906) 1(6): 521–529. DOI:10.2113

[33] Loberg, B.E.H. and Horndahl. A.K. (1983) Ferride Geochemistry of Swedish Precambrian Iron Ores. Mineralium Deposita, 18, 487-504

[34] Sun, H., Wu, J.,Yu, P., Li, J., *"Geology, geochemistry and sulfur isotope composition of the Late Proterozoic Jingtieshan (Superior-type) hematite-jasperbarite iron ore deposit associated with stratabound Cu mineralization in the Gansu Province, China Cu mineralization in the Gansu Province, Deposita"* 34: 102-112(1998).

[DOI: 10.61186/ijcm.32.2.287]
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-24]